УДК 665.64

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТАНОВОК РИФОРМИНГА ЛЧ-35-11/1000 И ЛГ-35-8/300Б ПО «КИНЕФ» НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РАБОТЫ КАТАЛИЗАТОРА

Д.И. Мельник, С.А. Галушин, А.В. Кравцов, Э.Д. Иванчина, В.Н. Фетисова

Томский политехнический университет
E-mail: mdi@tpu.ru

Рассмотрена перспектива использования на основе заводских информационных сетей и баз данных автоматизированной системы управления технологическим процессом системы контроля работы катализатора. Показана возможность снижения коксообразования при работе на оптимальной активности с помощью метода математического моделирования. Описана существующая и разрабатываемая схема автоматизации получения и анализа технологических данных, необходимых для расчетов.

Эффективность промышленного производства определяющим образом зависит от управляемости технологическими процессами, в первую очередь, от возможности оперативного доступа к показателям работы катализатора и обеспечения контроля, анализа и прогнозирования технологических параметров процесса [1–3].

Заводские информационные сети автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) решают только проблемы сбора, архивирования, накопления, структурирования данных с последующим предоставлением этой информации тем пользователям, чьи решения должны основываться на ее базе. АСУТП объединяет в единое информационное пространство большое количество распределенных систем. Нижний уровень данной системы представлен коммуникационными серверами, выполняющими функции разделения управляющих и информационных сетей и передачи технологической информации на следующий уровень. В зоне информационной сети, охватывающей все предприятие, находится сервер сбора технологической информации, позволяющий хранить большие массивы данных о технологическом процессе. Пользователи имеют доступ как к архивной информации на сервере, так и к информации реального времени на коммуникационных серверах. Для обобщения информации, поступающей из различных источников в «ООО ПО «Киришинефтеоргсинтез» разработан и внедрен совместно со специализированной инжиниринговой компанией «Севзапмонтажавтоматика» программный комплекс – «Единая тематическая витрина данных (ЕТВД)», предоставляющая пользователю удобный графический интерфейс доступа к данным лабораторного контроля, характеризующим его и их совокупное представление [4].

В то же время предоставление одной только технологической информации не освещает полную картину работы конкретного производства и предприятия в целом. При этом встает проблема анализа и переработки различной технологической информации с целью выдачи рекомендаций для повышения эффективности управления и эксплуатации сложных промышленных объектов.

Таким образом, цель настоящей работы заключается в разработке, с последующим внедрением в производство, системы контроля параметров эксплуатации катализатора, которая в настоящее время представляет собой самостоятельный программный продукт, позволяющий в полной мере оптимизировать работу реакторного блока процесса каталитического риформинга бензинов на установках ЛЧ-35-11/1000 и ЛГ-35-8/300Б ПО «Кинеф»

Основу этой системы контроля составляет математическая модель, основанная на физико-химических и кинетических закономерностях превращения углеводородов. Она описывает возможные виды реакций, протекающих в условиях каталитического риформинга – дегидрирование нафтенов, дегидроциклизация парафинов, крекинг и гидрогенолиз, изомеризация нафтенов и парафинов, образование непредельных углеводородов, образование кокса на катализаторе (рис. 1). При построении модели был применен принцип агрегирования, в результате чего количество реагентов было сокращено до 68 ключевых. Основным критерием при этом был вклад каждого компонента в детонационную стойкость смеси (рис. 1).

Для углеводородов C_1 – C_7

Кокс
НППУ
H_6 ЦГс Б
н-Гс МП ДМБ
C_1-C_5 МГс ДМП
н-Гп ТМБ
МЦГс ДМЦП
Т НППУ
Кокс

Б – бензол;
Т – толуол;
ЦГс – циклогексан;
МГс – метилгексан;
н-Гс – нормальный гексан;
н-Гп – нормальный гептан;
МП – метилпентан;
МЦГс, H_6 – метилциклогексаны;
ДМП – диметилпентаны;
ДМЦП – диметилциклопентаны;
ДМБ – диметилбутан;
ТМБ – триметилбутан;
НППУ – непредельные промежуточные продукты уплотнения.

Рис. 1. *Схема химических превращений углеводородов*

В качестве основного критерия при оценке эффективности работы катализатора системой контроля нами предложено использовать оптимальную активность, которая рассчитывается из условия равновесия реакций коксообразования (r_C) и саморегенерации или гидрирования промежуточных продуктов уплотнения (r_R), протекающих на Pt-центрах в избытке водорода (рис. 2). При этом справедливы следующие соотношения для скоростей этих реакций.

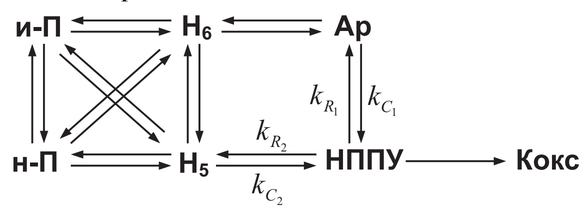


Рис. 2. *Схема коксообразования: и-П – изопарафины; н-П – нормальные парафины; H_6 – циклогексаны; H_5 – циклопентаны; Ар – ароматические углеводороды; НППУ – непредельные промежуточные продукты уплотнения (обратимый кокс); Кокс – кокс графитообразной структуры*

Скорость реакции ароматизации:

$$r_A = k_A C_{P+N}(1-\theta_C),$$

где k_A – константа скорости ароматизации, C_{P+N} – суммарная концентрация парафинов и нафтенов, θ_C – доля свободной поверхности катализатора.

Скорость реакции коксования:

$$r_C = k_C C_N(1-\theta_C),$$

$$r_C = k_{C_1} C_N + k_{C_2} C_{Ap},$$

где k_C – константа скорости коксования, k_{C_1} и k_{C_2} – константы скорости коксования из ароматики и из нафтенов, C_N и C_{Ap} – концентрации нафтенов и ароматики.

Скорость реакции гидрирования промежуточных продуктов уплотнения:

$$r_R = k_R C_{H_2} C_{\text{НППУ}},$$

где k_R – константа скорости гидрирования, C_{H_2} и $C_{\text{НППУ}}$ – концентрации водорода и непредельных промежуточных продуктов уплотнения.

Исходя из условия равновесия реакций коксования и гидрирования непредельных промежуточных продуктов уплотнения, получим:

$$k_C C_N(1-\theta_C) = k_R C_{H_2} C_{\text{НППУ}}.$$

Откуда можно получит выражение для оптимальной активности катализатора:

$$a_{\text{опт}} = \frac{k_{R_1}\cdot C_{H_2}\cdot C_{\text{НППУ}} + k_{R_2}\cdot C_{H_2}\cdot C_{\text{НППУ}}}{k_{C_1}\cdot C_N + k_{C_2}\cdot C_{Ap}},$$

где k_{R_1} и k_{R_2} – константы скоростей гидрирования в ароматику и в нафтены.

Отклонение от оптимальной активности катализатора, которое можно регулировать с помощью компьютерной системы контроля, приводит к сдвигу равновесия реакции в сторону образования коксогенных структур. На рис. 3 приведена зависимость накопления кокса на катализаторе в последней ступени риформирования на установке ЛГ-35-8/300Б при работе на оптимальной активности (кривая 2) и в реальном режиме (кривая 1). Ра-

бота на оптимальной активности позволяет снизить коксообразование на 15...20 %.

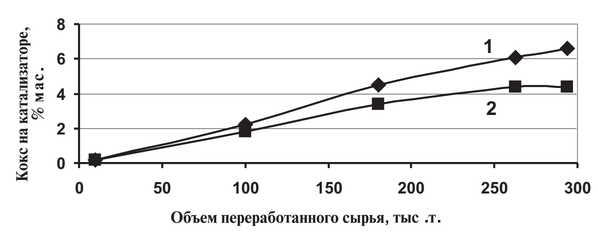


Рис. 3. *Зависимость накопления кокса от объема переработанного сырья*

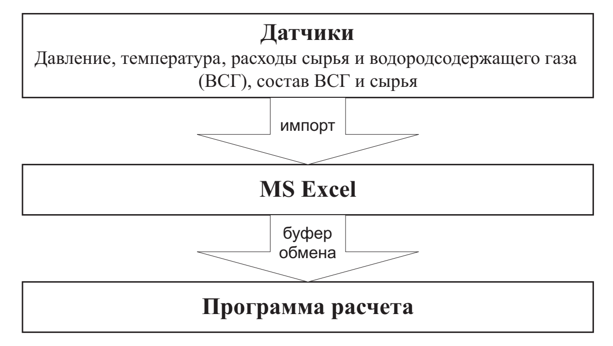


Рис. 4. *Схема автоматического ввода данных*

Разработанная система автоматического ввода данных предназначена для импортирования параметров работы установки из общезаводской сети в программу «Активность». Принцип работы системы автоматического ввода данных по работе установки заключается в следующем. Параметры работы установки собираются в общезаводской системе контроля. Далее проводится выбор, выбираются необходимые датчики за определенный период и экспортируются в MS Excel, после чего они через буфер обмена копируются в программу (рис. 4).

Элементы управления системой ввода данных находятся на окнах набора технологических данных и составов сырья и катализата, рис. 5, 6. На окне ввода технологических данных имеются две дополнительные кнопки: «Импорт ТУ» для ввода данных по давлениям, температурам и расходам; «Импорт ВСГ», для ввода состава водородсодержащего газа соответственно.

В настоящее время разрабатывается автоматизированная система контроля, представляющая собой программный продукт для расчета основных характеристик работы катализатора риформинга, напрямую взаимодействующий с общезаводской базой данных АСУТП, рис. 7.

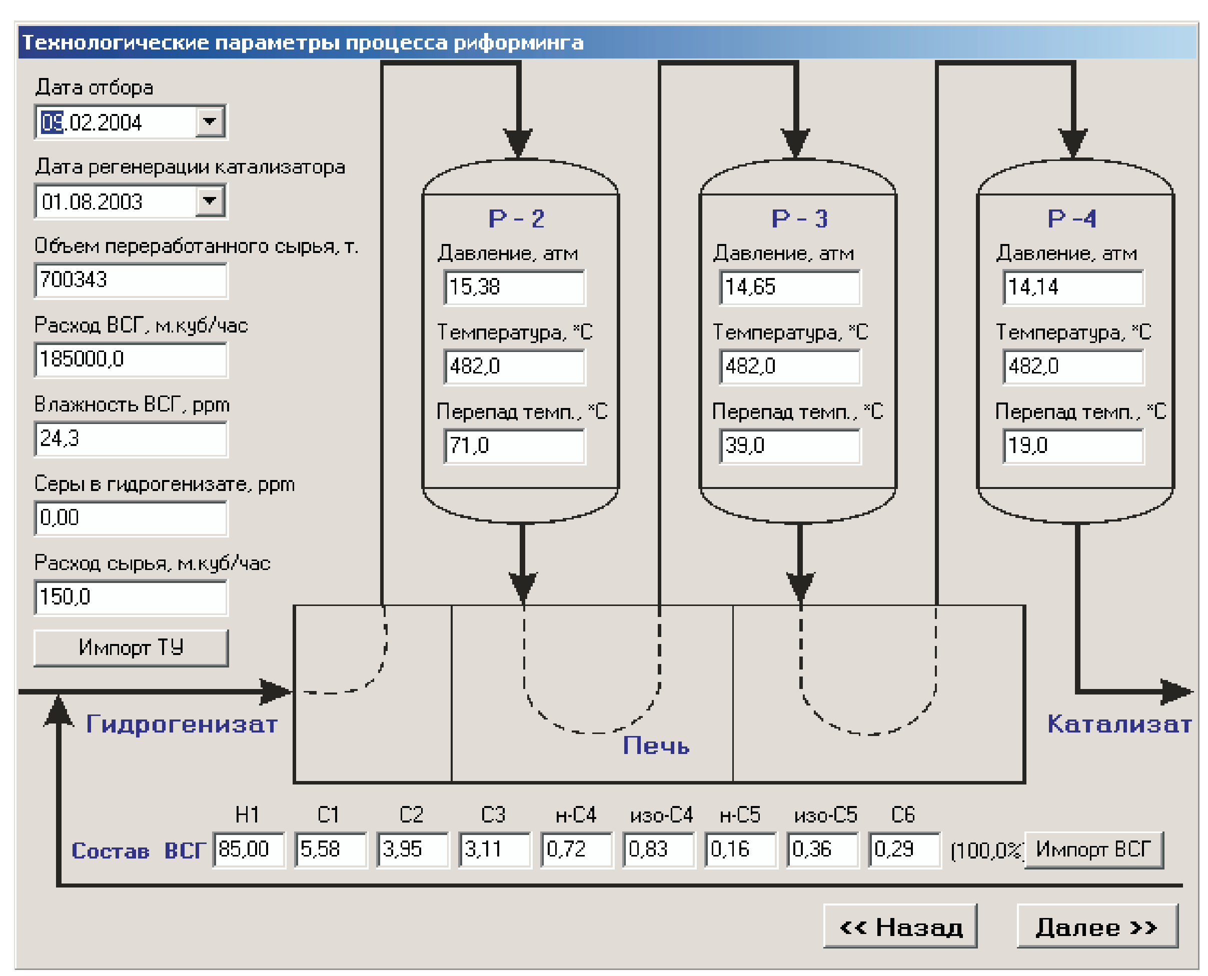


Рис. 5. *Схема окна ввода технологических данных*

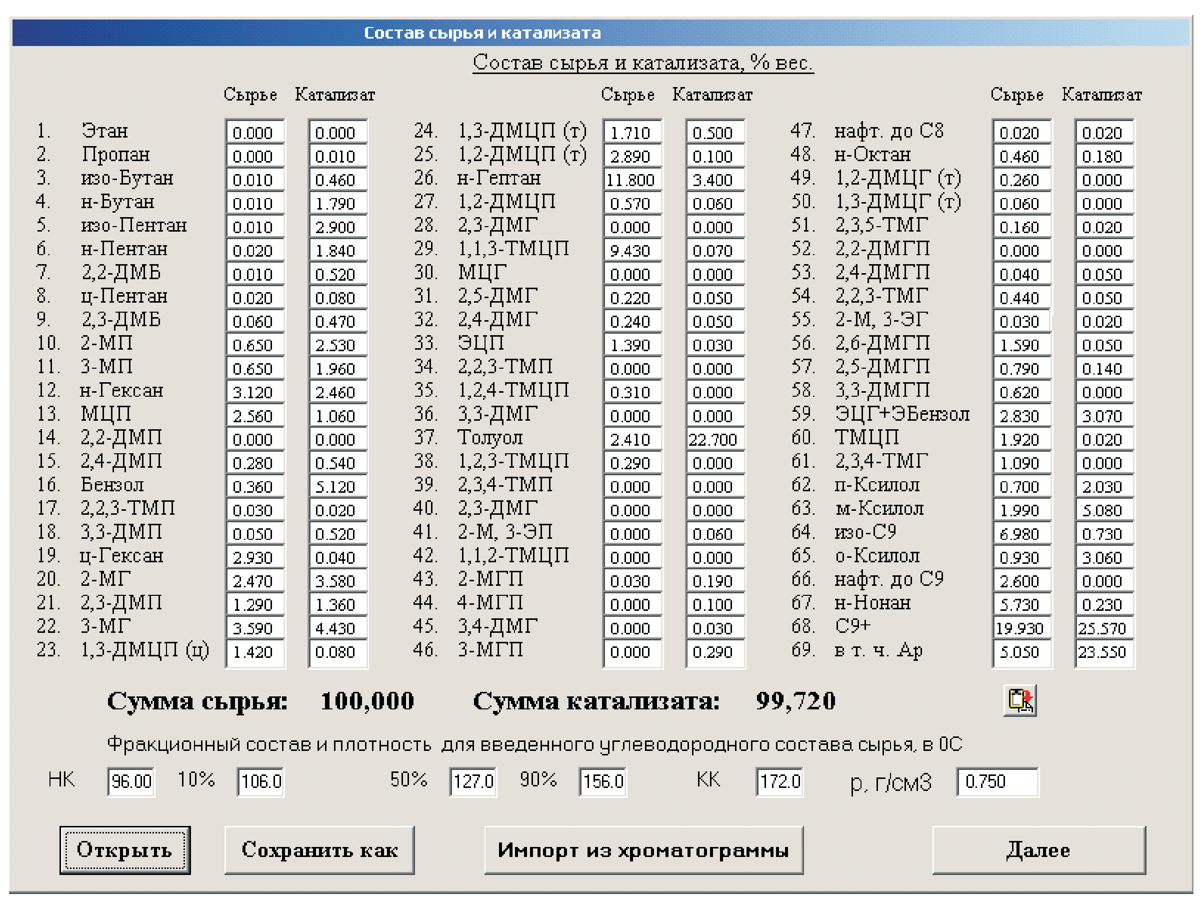


Рис. 6. *Схема окна ввода составов сырья и катализата*

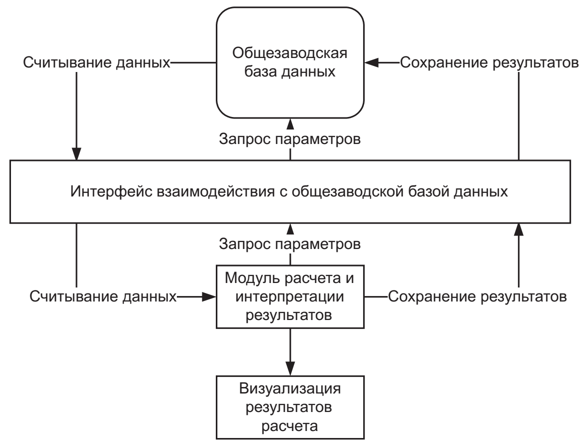


Рис. 7. *Схема внутренней архитектуры автоматизированной системы контроля катализатора*

Приведенная выше схема отображает функциональное взаимодействие элементов системы контроля.

Модуль расчета представляет собой самостоятельную программу, обеспечивающую:

- выполнение расчетов;
- визуализацию результатов.

Получение данных, необходимых для расчета осуществляется посредством внешнего интерфейса, функции которого заключаются в:

- возвращении списка запрашиваемых параметров;
- сохранении результатов расчета в общезаводской базе данных.

По запросу пользователя результаты проведенных расчетов отображаются внутренними средствами модуля расчета в графическом и табличном виде.

Результаты расчета можно просмотреть, выбрав в меню необходимый пользователю тип результатов. Управление отображением результатов осуществляется посредством элементов интерфейса программы.

Все результаты расчетов сводятся в «сводную таблицу»; информация для отображения может быть взята как из общезаводской базы данных, так и с локального компьютера.

Система контроля катализатора позволяет проводить расчеты:

- текущей активности катализатора по данным хроматографического анализа сырья и катализата за текущую дату;
- оптимальной активности катализатора;
- влияния состава сырья на процесс;
- скорости дезактивации катализатора;
- прогноза работы катализатора на объем переработанного сырья;

- основных характеристик процесса регенерации катализатора (выжиг кокса, оксихлорирование, сульфидирование).

Таким образом, внедрение данного модуля в общезаводскую базу данных обеспечит:

1. Контроль текущей активности катализатора по данным лабораторных анализов сырья и катализата с установок риформинга ЛЧ-35-11/1000 и ЛГ-35-8/300Б.
2. Работу на оптимальной активности катализатора, что позволит снизить коксоотложение на его поверхности на 15...20 %.
3. Контроль коксообразования на поверхности Pt-контакта с последующим регулированием технологического режима.
4. Прогнозирование активности катализатора и срока его регенерации в зависимости от режима работы и расхода сырья.
5. Работу в режиме исследования состава сырья на эффективность процесса риформинга и выдачу рекомендаций для режимов работы колонн.
6. Систематический расчет скорости дезактивации катализатора и выдачу рекомендаций для его активации (подача хлорорганических соединений и воды в реакционную зону).
7. Расчет основных технологических параметров процесса регенерации катализатора в заданных интервалах, что обеспечит формирование активных центров и высокую площадь удельной поверхности платиновых контактов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. – Томск: STT, 2000. – 192 с.
2. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д. Интеллектуальные системы в химической технологии в инженерном образовании. – Новосибирск: Наука, 1996. – 200 с.
3. Кравцов А.В., Иванчина Э.Д., Галушин С.А., Полубоярцев Д.С., Воропаева Е.Н., Мельник Д.И. Оценка эффективности реакторного блока установки риформинга с применением математической модели процесса // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – Т. 307. – № 1. – С. 119–122.
4. Гершберг А.Ф., Безручко О.А. Автоматизация производства ООО «Кинеф». Применение современных информационных технологий // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2004. – № 10. – С. 5–6.

УДК 665.12.001.57